

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-073618  
(43)Date of publication of application :18.03.1997

AB

(51)Int.Cl.

G11B 5/54

(21)Application number : 07-230322  
(22)Date of filing : 07.09.1995

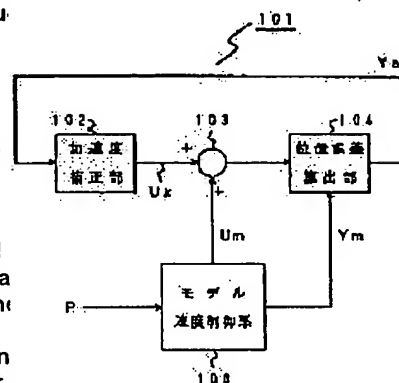
(71)Applicant : TOSHIBA CORP  
(72)Inventor : TANITSU MASAHIDE

## (54) HEAD POSITIONING CONTROL SYSTEM FOR DISK RECORDING AND REPRODUCING DEVICE, AND SPEED CONTROL METHOD SUITABLE FOR THE SYSTEM

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide the system capable of setting a head into a target position stably and highly accurately by absorbing environmental factors of disturbing action on a control object, etc., and variation factors due to operation characteristics by a speed control system different in principle from the conventional control system.

**SOLUTION:** In this head positioning control system consisting of a model speed control system 100 and an actual speed control system 101, model acceleration  $U_m$  corresponding to a difference between a model position  $Y_m$  the head and its target position  $P$  is calculated by the model speed control system 100, and this calculation processing is repeated until the model position  $Y_m$  and the target position  $P$  of the head are conformed with each other. On the other hand, an error  $Y_e$  between the actual head position and the model position  $Y_m$  is obtained by the actual speed control system 101, a the head is moved by a control operation amt. obtained with reference to the model acceleration  $U_m$ . Moreover, an acceleration correcting value  $U_k$  corresponding to the error between the head position and the model position  $Y_m$  is obtained, and hence the model acceleration  $U_m$  is corrected to adjust the moving speed.



### LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 12.03.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 10.10.2000

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

BEST AVAILABLE COPY

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-73618

(43)公開日 平成9年(1997)3月18日

(51)Int.Cl.<sup>8</sup>

G 1 1 B 5/54

識別記号

庁内整理番号

F I

G 1 1 B 5/54

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数8 OL (全 11 頁)

(21)出願番号 特願平7-230322

(22)出願日 平成7年(1995)9月7日

(71)出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72)発明者 谷津 正英

東京都青梅市末広町2丁目9番地 株式会

社東芝青梅工場内

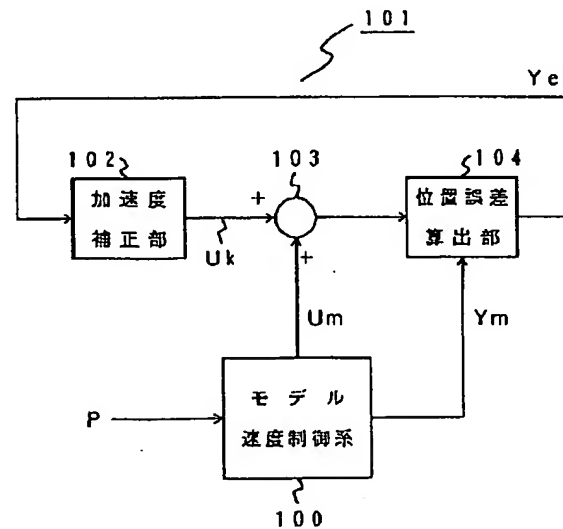
(74)代理人 弁理士 鈴江 武彦

(54)【発明の名称】 ディスク記録再生装置のヘッド位置決め制御システム及びそのシステムに適用する速度制御方法

(57)【要約】

【課題】従来の制御系とは原理的に異なる速度制御系により、制御対象に対する外乱の作用等の環境要因や機構の動作特性による変動要因を吸収して、結果的にヘッドを目標位置に安定かつ高精度に整定できるシステムを提供することにある。

【解決手段】モデル速度制御系100と実速度制御系101とからなるヘッド位置決め制御システムである。モデル速度制御系100は、ヘッドのモデル位置 $Y_m$ と目標位置 $P$ との差に応じたモデル加速度 $U_m$ を算出し、ヘッドのモデル位置 $Y_m$ と目標位置 $P$ とが一致するまで演算処理を繰り返す。一方、実速度制御系101は、実際のヘッドの位置とモデル位置 $Y_m$ との誤差 $Y_e$ を求め、モデル加速度 $U_m$ を参照して得られる制御操作量によりヘッドを移動させる。さらに、ヘッドの位置とモデル位置 $Y_m$ との誤差に応じた加速度補正值 $U_k$ を求めて、モデル加速度 $U_m$ を補正して移動速度を調整する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 記録媒体であるディスクに記録されたサーボデータに基づいて、データのリード／ライトを行なうヘッドを前記ディスク上の目標位置に位置決め制御するディスク記録再生装置のヘッド位置決め制御システムにおいて、

前記ヘッドを移動して前記目標位置に整定するためのモデル速度制御処理を実行し、このモデル速度制御処理に伴って算出するモデル位置情報とモデル加速度情報を出力するモデル速度制御手段と、

前記サーボデータを使用して算出した前記ヘッドの実際上の位置に相当する実位置情報と前記モデル位置情報との位置誤差を算出し、この位置誤差に基づいて前記ヘッドの移動制御量を調整して前記ヘッドを前記目標位置まで移動制御する実速度制御手段とを具備したことを特徴とするヘッド位置決め制御システム。

【請求項2】 記録媒体であるディスクに記録されたサーボデータに基づいて、データのリード／ライトを行なうヘッドを前記ディスク上の目標位置に位置決め制御するディスク記録再生装置のヘッド位置決め制御システムにおいて、

前記ヘッドを移動して前記目標位置に整定するためのモデル速度制御処理を実行し、このモデル速度制御処理に伴って算出するモデル位置情報とモデル加速度情報を出力するモデル速度制御手段と、

前記モデル加速度情報に基づいて前記ヘッドを移動し、前記ヘッドの移動に伴って前記サーボデータを使用して算出された実位置情報と前記モデル位置情報との誤差に応じた加速度補正値を算出して、この加速度補正値により前記モデル加速度情報を補正して前記ヘッドを前記目標位置まで移動制御する実速度制御手段とを具備したことを特徴とするヘッド位置決め制御システム。

【請求項3】 前記モデル速度制御手段は、前記目標位置と前記モデル位置との差に応じた目標速度情報を求めるための目標速度テーブルと、前記モデル位置情報とモデル速度情報を生成するため2重積分処理手段と、前記目標速度情報と前記モデル速度情報との差に応じた前記モデル加速度情報を算出する手段とを有することを特徴とする請求項1または請求項2のヘッド位置決め制御システム。

【請求項4】 前記実速度制御手段は、前記ヘッドの移動に伴って前記サーボデータを使用して前記実位置情報を生成する手段と、前記実位置情報と前記モデル位置情報との誤差を算出する手段と、前記誤差に応じた前記加速度補正値を算出する手段と、前記加速度補正値を前記モデル加速度情報に加算する加算手段と、前記加算手段の加算結果に基づいて前記ヘッドを移動させるための駆動電流値を算出する手段とを有することを特徴とする請求項1または請求項2のヘッド位置決め制御システム。

・【請求項5】 記録媒体であるディスクに記録されたサ

ーボデータに基づいて、データのリード／ライトを行なうヘッドを前記ディスク上の目標位置に位置決め制御するディスク記録再生装置のヘッド位置決め制御システムにおいて、

前記ヘッドにより前記ディスクから読出された読出し信号から前記サーボデータを抽出して出力するサーボデータ処理手段と、

駆動電流値に応じた加速度により前記ヘッドを前記目標位置まで移動させるためのヘッド駆動手段と、

10 前記サーボデータ処理手段から前記サーボデータを入力して前記ヘッドの実位置情報を算出し、前記目標位置に前記ヘッドを移動して整定するためのモデル位置情報とモデル加速度情報を算出するモデル速度制御処理を実行し、前記実位置情報と前記モデル位置情報との位置誤差を算出し、この位置誤差に基づいて前記モデル加速度情報を補正した加速度情報を算出し、前記加速度情報に応じた前記駆動電流値を算出して前記ヘッド駆動手段を制御する制御手段とを具備したことを特徴とする制御手段とを具備したことを特徴とするヘッド位置決め制御システム。

【請求項6】 記録媒体であるディスクに記録されたサーボデータに基づいて、データのリード／ライトを行なうヘッドを前記ディスク上の目標位置に位置決め制御するディスク記録再生装置のヘッド位置決め制御システムに適用する速度制御方法であって、

前記目標位置とモデル位置との差に応じた目標速度情報を算出するステップと、

前記目標速度情報と前記モデル位置に従ったモデル速度情報との差からモデル加速度情報を算出するステップ

30 と、  
前記モデル加速度情報に応じた前記モデル位置と前記モデル速度情報を算出するステップと、

前記モデル加速度情報に応じて前記ヘッドを移動したときに、前記サーボデータを使用して前記ヘッドの実際上の位置に相当する実位置情報を算出するステップと、

前記実位置情報と前記モデル位置情報との位置誤差を算出するステップと、

40 前記位置誤差に応じた加速度補正値を算出して、前記モデル加速度情報を補正して前記ヘッドを前記目標位置まで移動制御するステップとからなることを特徴とする速度制御方法。

【請求項7】 記録媒体であるディスクに記録されたサーボデータに基づいて、データのリード／ライトを行なうヘッドを前記ディスク上の目標位置に位置決め制御するディスク記録再生装置のヘッド位置決め制御システムに適用する速度制御方法であって、

前記目標位置に前記ヘッドを整定するためのモデル速度制御処理を実行するステップであって、前記モデル速度制御処理に伴ってモデル位置情報とモデル加速度情報を算出するステップと、

前記モデル加速度情報を参照して前記ヘッドを前記目標位置まで移動制御する実速度制御処理を実行するステップであって、前記サーボデータを使用して算出した前記ヘッドの実際上の位置に相当する実位置情報と前記モデル位置情報との位置誤差を算出するステップと、前記位置誤差に基づいて前記モデル加速度情報を補正して前記ヘッドを前記目標位置まで移動制御するための制御量を算出するステップとからなることを特徴とする速度制御方法。

【請求項8】 記録媒体であるディスクに記録されたサーボデータに基づいて、データのリード／ライトを行なうヘッドを前記ディスク上の目標位置に位置決め制御するディスク記録再生装置のヘッド位置決め制御システムに適用するシーク制御方法であって、前記目標位置に前記ヘッドを整定させるためのモデル速度制御処理を実行するステップであって、前記モデル速度制御処理に伴ってモデル位置情報とモデル加速度情報を算出するステップと、前記モデル位置情報の時間的に遅れたモデル位置情報を算出するステップと、前記モデル加速度情報を参照して前記ヘッドを前記目標位置まで移動制御するシーク制御処理を実行するステップであって、前記サーボデータを使用して算出した前記ヘッドの実際上の位置に相当する実位置情報と前記時間的に遅れたモデル位置情報との位置誤差を算出するステップと、前記位置誤差に基づいて前記モデル加速度情報を補正して前記ヘッドを前記目標位置まで移動するための制御量を算出するステップとからなることを特徴とするシーク制御方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、例えばハードディスク装置に適用し、ディスク上の目標位置にヘッドを移動して位置決めするときの速度制御を実行するヘッド位置決め制御システムに関する。

【0002】

【従来の技術】従来、例えばハードディスク装置(HDD)等のディスク記録再生装置は、記録媒体としてディスクを使用し、ヘッド(HDDでは磁気ヘッド)によりディスクにデータを記録し、かつディスクからデータを再生する装置である。

【0003】ディスク記録再生装置には、データの記録または再生時に、ヘッドをアクセス対象であるディスク上の目標位置に位置決めするためのヘッド位置決め制御システムが設けられている。目標位置とは、アクセスがセクタ単位の方法であれば、そのセクタを含む目標トラック(シリンダ)に相当する。

【0004】以下、HDDのヘッド位置決め制御システムについて説明する。特に小型のHDDのシステムは、

セクタサーボ方式と呼ばれる制御方式であり、ディスク上に予め記録されたサーボデータを使用して、ヘッドを目標位置(最終的にはトラック中心)まで移動させて位置決めする。

【0005】ヘッド駆動機構としては、ロータリ型のヘッドアクチュエータをボイスコイルモータ(VCM)により回転駆動させて、ヘッドアクチュエータの先端部に保持されたヘッドを、ディスクの半径方向に移動させる機構である。

【0006】システムの主構成要素であるマイクロコントローラ(CPU)は、VCMの駆動電流量を制御するための制御量を算出し、ヘッドを目標位置に位置決め制御する。

【0007】HDDでは、ディスク上の各トラックの同一位置に、サーボエリアが所定の間隔毎に設けられている。このサーボエリア間に、ユーザデータを記録するためのデータセクタが配列されている。サーボエリアには、前述のサーボデータが記録されている。

【0008】サーボデータは、大別してシリンダコード(トラックアドレス)とバーストデータ(位置誤差情報)からなる。シリンダコードは、後述する速度制御に使用されて、ヘッドが現在位置するトラックを検出するためのデータである。バーストデータは、ヘッドを目標トラックの中心に位置決めするための位置制御に使用されて、その中心に対するヘッドの位置誤差を検出するためのデータである。

【0009】通常ではシステムの制御系は、大別して速度制御系、過渡制御系、および位置制御系からなる。速度制御はシーク制御とも呼ばれており、ヘッドを現在位置から目標トラックまで移動(シーク)させる移動制御である。

【0010】過渡制御は、速度制御によりヘッドが目標トラックの近傍(例えば数トラック範囲内の誤差)まで接近した時点で切換えられて、ヘッドを目標トラックの範囲内に整定させる制御である。位置制御は、前述したようにヘッドを目標トラックの中心に整定するための制御である。

【0011】速度制御系は、通常では図9に示すようなフィードバック制御系からなり、目標位置Pとヘッドの現在位置Yとの差(トラック数)を求める差分要素1を有し、この差に応じた目標速度軌道を決定するための速度テーブル2を有する。速度テーブル2は、ヘッドの移動距離(目標位置Pとヘッドの現在位置Yとの差)に対して目標速度軌道を決定するための速度情報からなる。目標速度軌道は減速時の速度モードを連続的に示す速度曲線に相当する。

【0012】実際上のシステムでは、ヘッドの移動速度には上限(下限)があるため、求められた目標速度はリミッタ3により制限される。この目標速度軌道と、速度検出部13により算出されたヘッドの実速度との差を求

める差分要素4を有する。

【0013】ここで、HDDでは、ヘッドの実速度を直接に測定することはできない。速度検出部13は、サンブラ12によりヘッドの現在位置（トラックアドレス）Yを所定のサンプル間隔で抽出して、移動距離と所用時間とから実速度を推定する速度推定要素である。

【0014】前記の目標速度軌道と実速度との差にゲインKを掛ける補償要素5により、制御操作量（駆動電流量）を求める。即ち、補償要素5の調整により、目標速度軌道に追従するように、ヘッドを移動速度を制御す

る。  
【0015】制御操作量は、リミッタ6、遅延要素7、およびゼロ次ホールド（サンプルホールド）要素8を介して、制御対象10のヘッドを駆動するためのVCMに供給される。制御操作量はサンブラ12により所定のサンプル間隔毎に繰り返し算出されて、制御対象10のヘッドが目標位置に整定されることになる。

【0016】ところで、実際上の制御対象10には、例えばヘッドアクチュエータに取付けられたフレキシブルケーブル（FPC）の弾性力による外乱力 $E_f$ やHDDの機構の動作特性による変動（例えばディスクの回転振動 $D_r$ ）が作用し、算出された制御操作量は不安定である。即ち、加算要素9、11により、外乱力 $E_f$ や回転振動 $D_r$ の変動分が制御対象10に加算されることになる。

【0017】このため、特に速度制御から過渡制御に移行する時点で、ヘッドの移動速度や位置が変動して、過渡制御のプロセスでヘッドが目標位置から大きく外れるオーバーシュートやアンダーシュートのような状態が発生する。特に近年、ディスクのトラック密度の高密度化が図られているため、ヘッドを正確に目標位置に整定することが困難になっている。

【0018】

【発明が解決しようとする課題】前述したように従来のシステムでは、速度制御時に、制御対象に対する外乱の作用等の環境要因や機構の動作特性による変動要因（ディスクの回転変動等）により、目標速度軌道に追従すべきヘッドの移動速度や位置が変動する可能性が高い。また、ヘッドの実速度を測定できず、推定値を使用して目標速度軌道との差を算出するため、原理的に変動要因が含まれている。

【0019】このため、速度制御から過渡制御に移行したときに、速度制御時の変動を吸収できず、目標位置から大きく外れるオーバーシュートやアンダーシュートのような状態が発生する。

【0020】本発明の目的は、従来の制御系とは原理的に異なる速度制御系により、制御対象に対する外乱の作用等の環境要因や機構の動作特性による変動要因を吸収して、結果的にヘッドを目標位置に安定かつ高精度に整定できるシステムを提供することにある。

【0021】

【課題を解決するための手段】本発明は、移動速度を制御してヘッドを目標位置まで移動させる速度制御系を実現するヘッド位置決め制御システムにおいて、モデル速度制御系と実速度制御系とからなるシステムである。

【0022】モデル速度制御系は、ヘッドのモデル位置と目標位置との差に応じたモデル加速度を算出し、ヘッドのモデル位置と目標位置とが一致するまで演算処理を繰り返す。一方、実速度制御系は、実際のヘッドの位置とモデル位置との誤差を求め、モデル加速度を参照して得られる制御操作量によりヘッドを移動させる。さらに、ヘッドの位置とモデル位置との誤差に応じた加速度補正値を求めて、モデル加速度を補正して移動速度を調整する。

【0023】このようなシステムであれば、モデル速度制御系は、外乱の作用等の環境要因や機構の動作特性による変動要因とは無関係に、目標位置との差に応じたモデル加速度を正確に算出する。即ち、移動距離に応じた目標速度軌道に対して、ヘッドの移動速度を正確に追従させた速度軌道を得ることが可能である。

【0024】一方、実速度制御系は、モデル加速度に基づいた制御操作量を算出して、ヘッドを実際に移動させる。このとき、外乱の作用等の環境要因や機構の動作特性による変動要因により、制御操作量やヘッドの位置が変動する状態となる。実速度制御系は、変動した位置とモデル位置との誤差を求めて、この誤差に応じた加速度補正値を算出する。この加速度補正値によりモデル加速度を調整し、結果的に制御操作量を調整する。したがって、変動要因による変動を吸収して、ヘッドの位置とモデル位置との誤差を無くすように制御操作量を調整することが可能となる。モデル位置は、目標位置に追従するようにモデル速度制御系により正確に算出される。

【0025】換言すれば、本発明のシステムは、原理的に速度制御処理の中で変動要因を吸収して、モデル速度制御系により高精度に算出されたモデル位置にヘッドの位置を追従させるように移動制御する方式であり、いわば速度制御系の中に過渡制御系を含ませた制御系である。したがって、従来のヘッド位置決め制御処理から過渡制御処理を省略することが可能である。

【0026】

【発明の実施の形態】以下図面を参照して本発明の実施の形態を説明する。図1は本実施形態に係るヘッド位置決め制御システムの速度制御系の原理を説明するためのブロック図であり、図2は本実施形態に係るHDDのヘッド位置決め制御システムのハードウェア構成を説明するためのブロック図であり、図3は本実施形態に係る速度制御系を説明するための概念ブロック図であり、図4は本実施形態に係る速度制御系の動作を説明するためのフローチャートである。

50 （速度制御系の原理的構成）本実施形態は、セクタサー

ボ方式のHDDに適用し、制御対象であるヘッドを目標位置(目標トラック)に位置決め制御するとき、目標トラックの範囲内に整定する速度制御系からなるシステムを想定している。

【0027】本実施形態の速度制御系は、図1に示すように、大別してモデル速度制御系100と実速度制御系101からなる。モデル速度制御系100は、目標位置Pが設定されると、モデル制御対象を移動させたときのモデル位置情報Ymを算出する。さらに、モデル位置情報Ymと目標位置Pとの差に応じた目標速度を算出し、この目標速度からモデル加速度情報Umを算出する。

【0028】一方、実速度制御系101は、モデル加速度情報Umを参照して制御操作量を算出する要素103と、制御操作量に従って駆動された制御対象(ヘッド)の実際の位置に相当する位置情報Yとモデル位置情報Ymとの位置誤差Yeを算出する位置誤差算出部104と、位置誤差Yeに応じた加速度補正值Ukを算出する加速度補正部102とを有する。

【0029】制御操作量を算出する要素103は、加速度補正值Ukによりモデル加速度情報Umを調整し、結果的に位置誤差Yeに応じて制御操作量を調整する。このような速度制御系により、目標位置Pに正確に追従させるモデル位置情報Ymとその差に応じたモデル加速度Umに基づいて、実際の制御対象を目標位置Pに整定するための制御操作量を算出する。したがって、外乱や機構部の動特性変化(例えばディスクの回転振動)等により、制御操作量が変動しても、速度制御系の中で吸収することができる。

(HDDの構成)本実施形態のシステムは、図2(A)に示すように、HDDに設けられているマイクロコントローラ(CPU)20を主構成要素とするヘッド位置決め制御機構により構成されている。

【0030】CPU20は、A/Dコンバータ20aと、D/Aコンバータ20bと、I/Oポート20cとを有するマイクロプロセッサからなり、本実施形態に係る速度制御系(図3を参照)の各種演算処理(制御処理)を実行する。

【0031】HDDでは、図2(B)に示すように、ヘッド21はヘッドアクチュエータ27に保持されており、1枚のディスク26の両面に対応して複数個が設けられている。ヘッドアクチュエータ27は、ボイスコイルモータ(VCM)25の駆動力により回転運動して、ヘッド21をディスク26の半径方向に移動させるキャリッジである。

【0032】VCM25は、マグネット25aと駆動コイル25bからなり、VCMドライバの構成要素であるパワーアンプ24から供給される駆動電流により駆動する。CPU20は、算出した制御操作量をD/Aコンバータ20bによりアナログ信号(電圧信号)に変換して

パワーアンプ24に出力する。パワーアンプ24は、CPU20からの制御操作量を駆動電流に変換して、VCM25に供給する。

【0033】ディスク26は1枚または複数枚設けられており、スピンドルモータ28により高速回転運動している。ディスク26上には、同心円状の多数のトラック26aが設けられて、各トラック26aの同一位置に、サーボエリア26bが所定の間隔毎に設けられている。サーボエリア26bは、前述のサーボデータが記録されているエリアである。サーボエリア26b間には、ユーザデータを記録するためのデータセクタが設けられている。

【0034】ヘッド21は、サーボエリア26bからサーボデータを読み出し、またデータセクタからユーザデータを読み出す。ヘッドアンプ22は、ヘッド21により読出されたサーボデータまたはユーザデータに相当するリード信号を増幅して、データ再生系に出力する。

【0035】HDDでは、データ再生系はサーボデータの再生系とユーザデータの再生系に大別される。本実施形態では、図2(A)に示すように、サーボデータ処理回路23が、ヘッドアンプ22から出力されたリード信号からサーボデータを再生する。ユーザデータの再生系は、アナログのリード信号をデジタルのリードデータに変換し、さらに記録データ(例えばNRZ符号化データ)のデータ列に復号化してディスクコントローラ(HDC)に転送する。

【0036】サーボデータ処理回路23は、リード信号からサーボデータを抽出してCPU20に出力する。サーボデータは、前述したようにシリンダコード(トラックアドレス)CDとバーストデータBDとに大別される。

【0037】バーストデータBDは、ヘッド21を目標トラックの中心に位置決めするための位置制御に使用される。シリンダコードCDは、本実施形態の速度制御に使用されて、ヘッドが現在位置するトラックを検出するためのデータである。

【0038】CPU20は、シリンダコードCDをI/Oポート20cを介して入力し、速度制御処理に使用する。一方、バーストデータBDをA/Dコンバータ20aを介して、デジタルデータに変換した後に入力して位置制御に使用する。

【0039】サーボデータ処理回路23は、本実施形態の速度制御処理に必要なサンプル間隔を決定するためのセクタパルス(サーボエリア26b毎に生成するサーボセクタパルス)を生成する機能を有する。

(本実施形態の速度制御系)本実施形態の速度制御系は、図1に示すような原理的構成からなり、図2(A)に示すCPU20を主構成要素とするヘッド位置決め制御システムに適用される。

【0040】本実施形態の速度制御系は、図3に示すよ

10

20

30

40

50

うに、モデル速度制御系100と実速度制御系101に大別された各構成要素からなり、実際にはCPU20の制御処理により実現される。

【0041】モデル速度制御系100は、実制御対象10に相当する制御対象モデル30を有する。この制御対象モデル30は、2重積分要素30a、30bからなり、モデル速度情報（参照速度軌道） $V_m$ とモデル位置情報（参照位置軌道） $Y_m$ を生成する。

【0042】さらに、モデル速度制御系100は、目標位置Pとモデル位置情報 $Y_m$ との差（トラック数に相当する距離）を求める差分要素31と、目標速度情報（目標速度軌道） $V_t$ とモデル速度情報 $V_m$ との差を求める差分要素34とを有する。

【0043】速度テーブル32は、差分要素31の差に応じた目標速度軌道 $V_t$ を決定するための情報からなる（図7を参照）。リミッタ33は速度テーブル32により求められた目標速度値の上限を制限する。

【0044】補償要素35とリミッタ36は、差分要素34の差に応じたモデル加速度情報（参照速度軌道） $U_m$ を生成する。補償要素35は差分要素34の速度誤差に定数値Kのゲインを掛ける要素である。モデル加速度情報 $U_m$ は、実速度制御系101に与えられると共に、制御対象モデル30の前段のゼロ次ホールド（サンプルホールド）要素38に与えられる。また、モデル位置情報 $Y_m$ は、遅延要素37を介して実速度制御系101に与えられる。

【0045】遅延要素37は、実速度制御系101において、各種演算遅れに相当する遅延要素42に対応するものである。即ち、モデル速度制御系100は、制御対象モデル30に与える加速度軌道（モデル加速度情報 $U_m$ ）を実制御対象10にも与えることにより、モデル位置軌道（モデル位置情報 $Y_m$ ）に実位置軌道（実位置情報Y）を接近させるための制御系である。

【0046】仮に、制御対象モデル30と実制御対象10に差がなければ、同一時刻に同一の加速度軌道を与えれば、モデル位置軌道と実位置軌道には誤差は生じない。しかし、実際上では、実速度制御系101において、各種演算遅れに相当する遅延要素42により、実制御対象10には加速度軌道 $U_m$ が遅れて入力される。したがって、実位置軌道Yも、モデル位置軌道 $Y_m$ と比較して遅れた軌道を描くことになる。

【0047】演算時間を零にすれば前記の問題が生じないが、実際上では不可能である。そこで、演算遅れを無くすのではなく、逆にモデル制御系に遅れ要素37を持たせて、位置軌道の誤差を小さくさせる。

【0048】実速度制御系101は、所定のサンプル間隔毎に、差分要素46により算出されるモデル位置情報 $Y_m$ と実制御対象10の実位置情報Yとの位置誤差Yeをサンプリングし、加速度補正要素（以下コントローラと称する）40に与える。

【0049】コントローラ40は一種の補償要素であり、位置誤差Yeに応じた加速度補正值 $U_k$ を算出する。加算要素41は、加速度補正值 $U_k$ をモデル加速度情報 $U_m$ の補正值として加算する。

【0050】この加算要素41、遅延要素42およびゼロ次ホールド（サンプルホールド）要素43により、実制御対象10を駆動制御するための制御操作量Daを算出する。即ち、実制御対象10であるヘッド21は、制御操作量Daに従って、モデル位置情報 $Y_m$ に対する実位置情報Yの追従誤差Yeがゼロに接近するように移動制御される。

【0051】ここで、制御操作量Daは、衝撃等の外乱力Efが加算要素44により加算される。また、実制御対象10の位置情報は、HDDの機構の動作特性による変動（例えばディスクの回転振動Dr）が加算要素45により加算される。

（本実施形態の速度制御系の動作）本実施形態の速度制御系は、アクセス対象の目標トラックである目標位置Pが決定されると、ヘッド21の現在位置（位置情報Y）から目標位置Pまでの移動距離に応じた目標速度軌道 $V_t$ （図7を参照）に追従するように速度制御を実行する。本実施形態は、その速度制御を、モデル速度制御系100から得られるモデル位置情報 $Y_m$ に基づいて追従誤差Yeを算出し、この追従誤差Yeに応じてモデル加速度情報 $U_m$ を調整して得られる制御操作量Daにより実行する。

【0052】以下図4（A）、（B）のフローチャートを参照して、その動作を説明する。まず、モデル速度制御系100では、目標位置Pが設定されると、差分要素31により目標位置Pとモデル位置 $Y_m$ との差を求める（ステップS1、S2）。即ち、CPU20はモデル速度制御系100により、制御対象モデル30を目標位置Pまで移動制御するためのモデル速度制御処理を実行する。

【0053】目標位置Pとモデル位置 $Y_m$ との差から、速度テーブル32を使用して目標速度軌道 $V_t$ を求める（ステップS3）。目標速度軌道 $V_t$ は、図7に示すように、初期時には加速し、目標位置に接近するに従って減速する速度曲線である。

【0054】さらに、差分要素34により目標速度軌道 $V_t$ とモデル速度 $V_m$ との差を求めて、モデル加速度値 $U_m$ である制御操作量を算出する（ステップS4、S5）。この制御操作量は、図5に示すような応答特性を示す。図5では、横軸を制御対象モデル30の移動の開始から終了までを時間Tで示し、縦軸を駆動電流量に換算した制御操作量を示す。

【0055】このような演算処理がサンプル間隔毎に繰り返されて、モデル速度制御系100では、制御対象モデル30の位置 $Y_m$ が目標位置Pに整定される（ステップS6）。このとき、モデル位置軌道 $Y_m$ は図6に示す



ような特性を示す。

【0056】前述の演算過程で、サンプル間隔毎にモデル速度制御系100の制御操作量に相当するモデル加速\*

$$V_m(T+1) = V_m(T) + U_m(T) * T_d \cdots (1)$$

$$Y_m(T+1) = Y_m(T) + (V_m(T+1) + V_m(T)) * (T_d/2)$$

…(2)

但し、 $V_m(T)$ はT時点でのモデル速度、 $V_m(T+1)$ はT+1時点でのモデル速度、 $Y_m(T)$ はT時点でのモデル位置、 $Y_m(T+1)$ はT+1時点でのモデル位置、 $U_m(T)$ はT時点でのモデル加速度、 $T_d$ は10 サンプル時間を示す。

【0057】一方、実速度制御系101では、サンプル間隔毎に、モデル速度制御系100により得られるモデル加速度情報 $U_m$ が加算要素41を介して入力される(ステップS7)。このモデル加速度情報 $U_m$ に基づいて得られる制御操作量 $D_a$ により、実制御対象(即ち、ヘッド21)10は移動制御される。

【0058】即ち、CPU20は、モデル速度制御系100により算出したモデル加速度情報 $U_m$ に基づいて制御操作量 $D_a$ を求めて、図2(A)に示すように、D/Aコンバータ20bとパワーアンプ24を介して、VCM25の駆動電流量に変換してヘッド21を移動制御する。20

【0059】ところで、実制御対象10は、前述したように外乱力 $E_f$ やHDDの機構の動作特性による変動(例えばディスクの回転変動 $D_r$ )の影響により、モデル位置軌道 $Y_m$ とは異なる位置軌道 $Y$ を描くことになる。

【0060】差分要素46は、そのモデル位置軌道 $Y_m$ に対する実位置軌道 $Y$ の追従誤差 $Y_e$ を算出する(ステップS8)。コントローラ40は追従誤差 $Y_e$ に応じた加速度補正值 $U_k$ を算出する(ステップS9)。加算要素41は、その加速度補正值 $U_k$ をモデル加速度情報 $U_m$ に補正值として加算する(ステップS10)。これにより、追従誤差 $Y_e$ に従って制御操作量 $D_a$ が調整されて、実制御対象10はモデル位置軌道 $Y_m$ に対して追従するように制御される。30

【0061】即ち、サンプル間隔毎に追従誤差 $Y_e$ に応じた制御操作量 $D_a$ の補正処理が実行されることにより、実制御対象10の実位置軌道 $Y$ がモデル位置軌道 $Y_m$ に追従されていく(ステップS11)。このとき、実位置軌道 $Y$ は図8に示す実線のような特性を示す。なお、破線はモデル位置軌道 $Y_m$ を示す。40

【0062】以上のように本実施形態によれば、アクセス対象の目標トラックである目標位置Pが決定されると、モデル速度制御系100により、モデル位置 $Y_m$ を目標位置Pに整定するための速度制御処理を実行する。即ち、制御対象モデル30を目標速度軌道 $V_t$ に追従させるような速度制御処理を実行し、所定のサンプル間隔毎にモデル位置 $Y_m$ 、モデル速度 $V_m$ およびモデル制

\* 度情報 $U_m$ が得られる。ここで、モデル速度制御系100の状態量の演算式は、下記(1)、(2)のようになる。

操作量に相当するモデル加速度 $U_m$ を生成する。

【0063】モデル速度制御系100は理論式に基づいた一種のシミュレーションであり、目標位置Pに整定できる正確なモデル位置軌道 $Y_m$ とそれに伴うモデル制御操作量に相当するモデル加速度 $U_m$ を得ることができる。

【0064】一方、ヘッド21である実制御対象10を移動制御する実速度制御系101は、サンプル間隔毎にモデル速度制御系100により得られるモデル加速度情報 $U_m$ に基づいて制御操作量 $D_a$ を算出する。

【0065】実制御対象10は、外乱力 $E_f$ やディスクの回転変動 $D_r$ 等の要因により変動するため、モデル位置軌道 $Y_m$ に対して誤差のある実位置軌道 $Y$ を描くことになる。このモデル位置軌道 $Y_m$ に対する実位置軌道 $Y$ の追従誤差 $Y_e$ を求めて、この追従誤差 $Y_e$ を解消するような加速度補正值を算出することにより、制御操作量 $D_a$ が適正值になるように調整する。したがって、最終的には、実位置軌道 $Y$ をモデル位置軌道 $Y_m$ に追従させることにより、結果的に実制御対象10を目標位置Pに整定することができる。

【0066】ここで、目標位置Pに追従して、いわば実制御対象10に対して基準となるモデル位置軌道 $Y_m$ は、予め設定した理論式に基づいたモデル速度制御系100により得られるため、正確に設定される。実速度制御系101では、そのモデル位置軌道 $Y_m$ に対して、実制御対象10の実位置軌道 $Y$ を追従させる速度制御が実行されるため、結果的に実制御対象10を正確に目標位置Pに整定することができる。このとき、実制御対象10の実位置軌道 $Y$ は前述のように、外乱力 $E_f$ やディスクの回転変動 $D_r$ 等の変動要因が含まれた状態の軌道である。したがって、結果的に実速度制御系101では、そのような変動要因を制御系の中で吸収した速度制御処理が実行されることになる。

【0067】従来の速度制御系では過渡制御系に移行して、制御対象の変動分の解消がなされる。しかしながら、前述したように過渡制御に移行したときに、速度制御時の変動を吸収できず、目標位置から大きく外れるオーバーシュートやアンダーシュートのような状態が発生することがある。これに対して、本実施形態の速度制御系では、結果的に制御対象の変動分を吸収できる制御処理が実行されるため、いわば従来の過渡制御に相当する制御処理を省略しても、高精度にヘッドを目標位置またはその近傍に整定することが可能となる。

【0068】



【発明の効果】以上詳述したように本発明によれば、モデル速度制御系と実速度制御系とからなり、従来の速度制御系とは原理的に異なる速度制御系により、結果的に制御対象に対する外乱の作用等の環境要因や機構の動作特性による変動要因を、制御系の中で吸収できる高精度のヘッド位置決め制御を実現することができる。したがって、例えばHDDに適用することにより、ヘッドをディスク上の目標位置に安定かつ高精度に整定できるヘッド位置決め制御システムを提供することが可能となる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施形態に係るヘッド位置決め制御システムの速度制御系の原理を説明するためのブロック図。

【図2】本実施形態に係るHDDのヘッド位置決め制御システムのハードウェア構成を説明するためのブロック図。

【図3】本実施形態に係る速度制御系を説明するための概念ブロック図。

【図4】本実施形態に係る速度制御系の動作を説明するためのフローチャート。

【図5】本実施形態に係る速度制御系の動作を説明するための特性図。

【図6】本実施形態に係る速度制御系の動作を説明するための特性図。

【図7】本実施形態に係る速度制御系の動作を説明するための特性図。

【図8】本実施形態に係る速度制御系の動作を説明するための特性図。

【図9】従来の速度制御系を説明するための概念ブロック図。

#### 【符号の説明】

- 1…差分要素
- 2…速度テーブル
- 3…リミッタ
- 4…差分要素
- 5…補償要素
- 6…リミッタ
- 7…遅延要素（ディレー）

\* 8…ゼロ次ホールド要素（サンプルホールド）

9…加算要素

10…制御対象

11…加算要素

12…サンブラ

13…速度検出部（速度推定要素）

20…マイクロコントローラ（CPU）

20a…A/Dコンバータ

20b…D/Aコンバータ

10 20c…I/Oポート

21…ヘッド

22…ヘッドアンプ

23…サーボデータ処理回路

24…パワーアンプ

25…ボイスコイルモータ（VCM）

26…ディスク

27…ヘッドアクチュエータ27

28…スピンドルモータ

30…制御対象モデル

20 30a, 30b…2重積分要素

31…差分要素

32…速度テーブル

33…リミッタ

34…差分要素

35…補償要素

36…リミッタ

37…遅延要素

38…ゼロ次ホールド要素（サンプルホールド）

39…サンブラ

30 40…加速度補正要素（コントローラ）

41…加算要素

42…遅延要素

43…ゼロ次ホールド要素（サンプルホールド）

44…加算要素

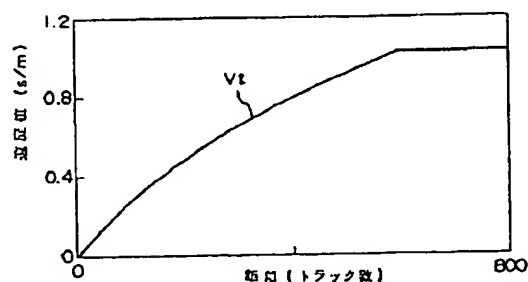
45…加算要素

46…差分要素

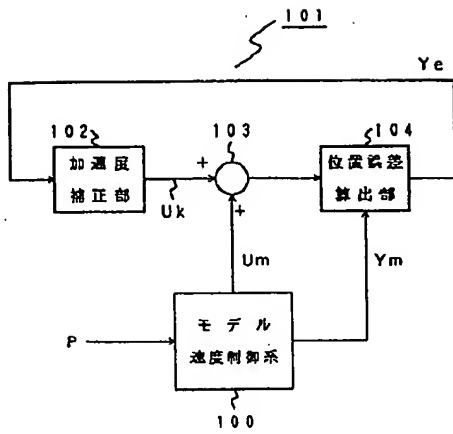
100…モデル速度制御系

\* 101…実速度制御系

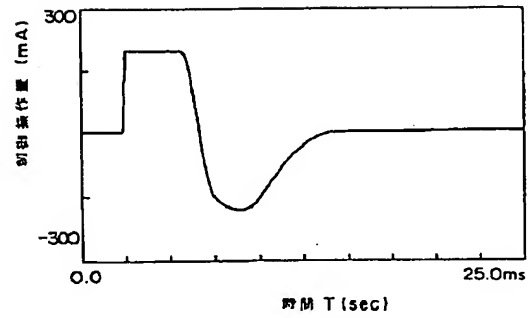
【図7】



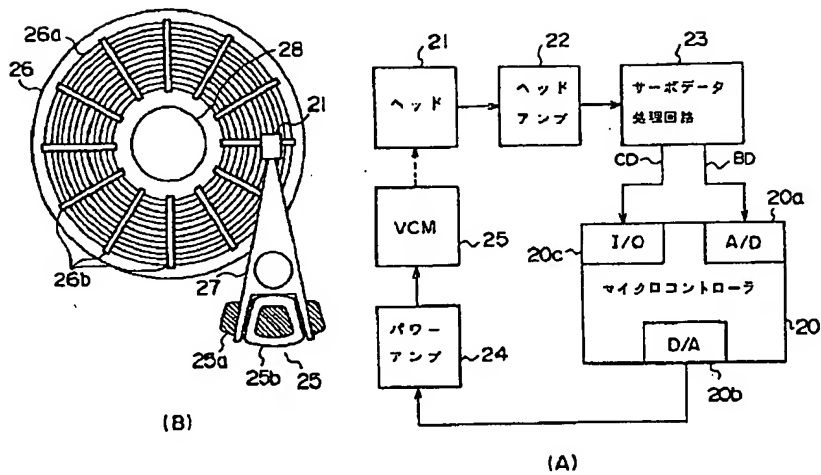
【図1】



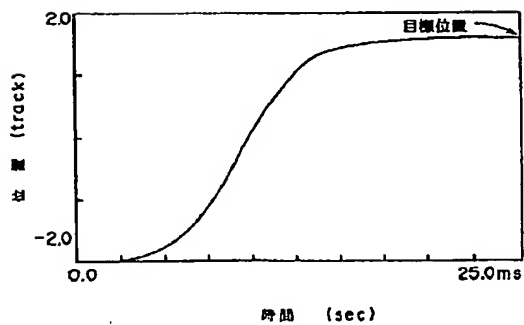
【図5】



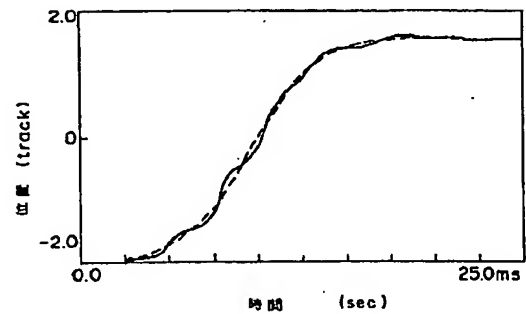
【図2】



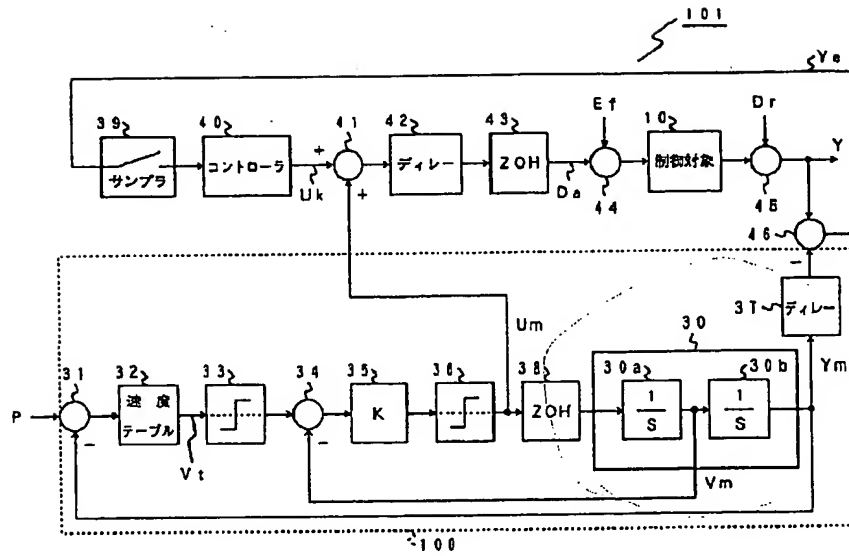
【図6】



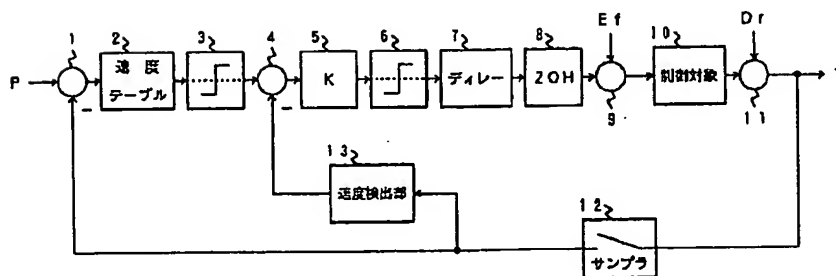
【図8】



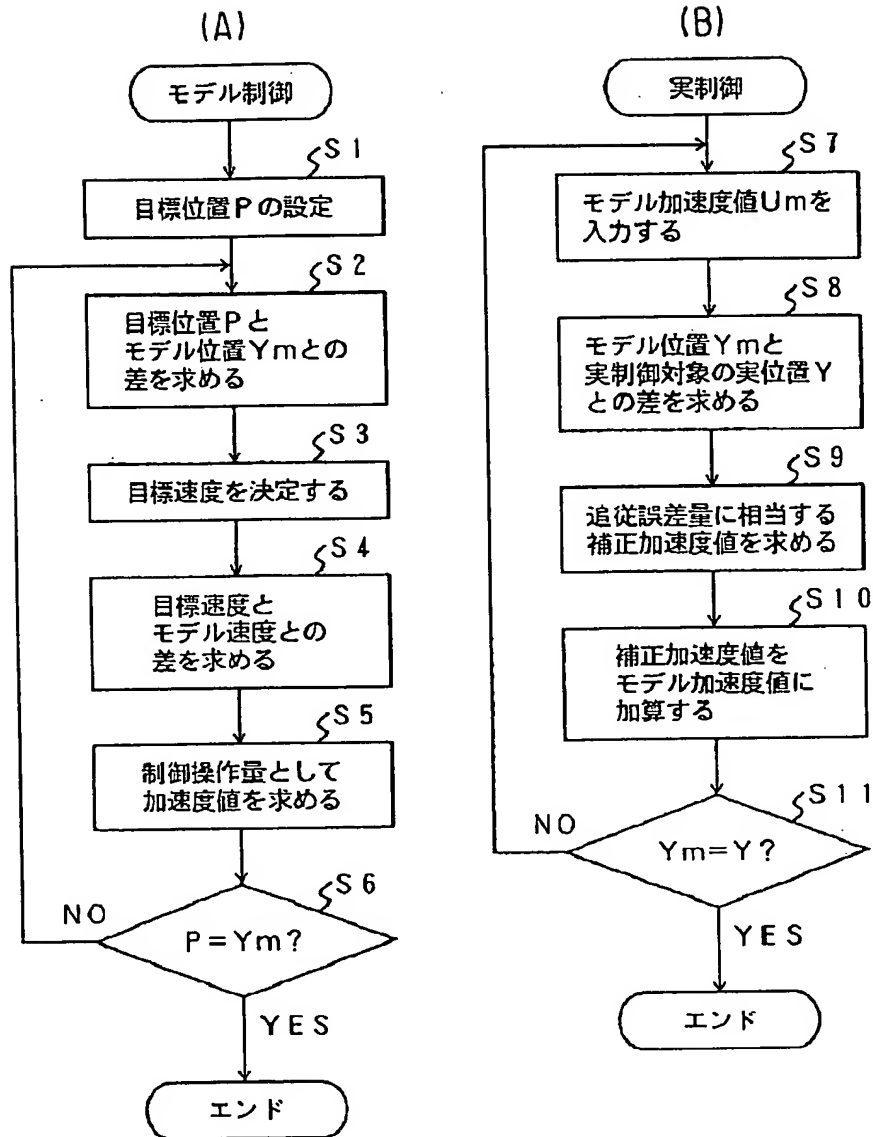
【図3】



【図9】



【図4】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**